

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO ESPONTÁNEO Y DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO II. SECUENCIA DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE BASADA EN SUCESIONES DE MODELOS: INTRODUCCIÓN A LA ELECTROSTÁTICA ELEMENTAL

Rufina Gutiérrez Gonçet

Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas (IEPS) Madrid. CRECIN Universidad Autónoma de Barcelona.

RESUMEN: En esta comunicación mostraremos una propuesta de diseño de una Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje basada en sucesivos modelos de diferentes sistemas físicos. Estos modelos inicialmente comenzarán por la construcción espontánea de los modelos mentales referidos a los sistemas presentados, para, a continuación, mediante las estrategias didácticas oportunas, evaluar y reconstruir los modelos iniciales hasta alcanzar los conocimientos científicos pretendidos en el nivel adecuado. En nuestro caso presentaremos la propuesta para alumnos de 2º-3º curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) en España -12-13 años- y el contenido será la introducción a la electrostática elemental. Esta Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje forma parte de una Progresión de Aprendizaje sobre electricidad, que abarcará los distintos niveles de la ESO.

PALABRAS CLAVE: modelos mentales, modelos científicos, secuencia de enseñanza/aprendizaje, Conversación didáctica, electrostática elemental

OBJETIVOS: Ofrecer una propuesta de diseño de una Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje para alumnos de 2º curso de ESO, diseñada estructuralmente como una sucesión de modelos de diversos sistemas físicos relativos a la electrostática elemental; exponer en general la metodología seguida, de manera que, aunque aplicada a un caso particular, pueda servir de marco para el diseño Secuencias de Enseñanza/Aprendizaje para otros contenidos y para otros niveles de enseñanza.

MARCO TEÓRICO

La relación entre el diseño de Secuencias de Enseñanza/Aprendizaje (SEA) con los modelos y la modelización empieza en los años 80; pero puede decirse que desde el año 2000 se ha producido un “boom” en este campo. La publicación del monográfico de la revista *International Journal of Science Education*, dedicado al tema “*Teaching-Learning Sequences*” -26 (5) en 2004; y los monográficos de las revistas *Science & Education*, 16 (7-8), 2007; y más recientemente, el de la revista *Journal of Science Education and Technology*, 24 (2-3), 2015, sobre “*Science Teaching and Learning with Models*”, han contribuido en gran manera a sistematizar el campo. Las diferentes revisiones del tema (Oh y Oh, 2011; Duschl y otros, 2011; Gutierrez, 2014) han aportado visiones sintéticas del mismo.

La mayor parte de las investigaciones realizadas en este campo se han llevado a cabo desde un marco teórico *epistemológico*. Gutierrez (2017) ha analizado algunas posibles *carencias* de éste planteamiento desde el punto de vista *psicológico*. Aquí señalaremos, además, las posibles carencias desde la relación *ontológica/aprendizaje*.

La importancia de la ontología en el aprendizaje

En la investigación actual se da progresiva importancia a *la ontología, como condicionante del aprendizaje científico*. Por ejemplo, en el monográfico de la revista *Social Studies of Science*, (43 (3), 2013), sobre el tema: “*A Turn to Ontology in Science and Technology Studies?*”, Woolgar y Lezaun (2013) comentan que

“Hasta hace poco, el término ‘*ontología*’ ha sido escasamente utilizado en este campo. Ahora parece que ha adquirido una nueva importancia teórica y se ha colocado en el centro de muchos programas de investigaciones empíricas” (p 321).

En Didáctica de las Ciencias, los autores corroboran esta afirmación. Así, Smith y Wiser (2015) y Bravo y Pesa (2016) apuntan a los *compromisos ontológicos* como uno de los factores que condicionan el aprendizaje; Pocoví (2016) señala que en sus investigaciones ha identificado la *relación que existe entre comprensión de un concepto y la concepción ontológica* del mismo; Cheong (2016) afirma la importancia de la *causalidad ontológica* [Principio Causal] para el aprendizaje de conceptos físicos básicos; Chen (2011) expresa que la falta de comprensión de algunos conceptos *científicos puede provenir de un error en las concepciones ontológicas* de los sujetos.

El Modelo ONEPSI y la construcción y reconstrucción de modelos

El Modelo ONEPSI (ONtología, EPistemología, PSIcología), ofrece un marco teórico de referencia en el que se ponen en juego la *ontología*, la *epistemología* y la *psicología* en el proceso de construcción y reconstrucción de modelos mentales (MM), cuyo ciclo fundamental se representa en la Figura 1 (cfr. Gutierrez, 2017). Nersessian (2008) demuestra, con su *Análisis Histórico Cognitivo*, cómo, a partir de los MM se puede llegar a la construcción de modelos científicos (MC). Encontramos así que, apoyándonos en un *proceso espontáneo natural*, común a todos los sujetos, podemos facilitar los *procesos de construcción de conceptos artificiales*, como son los científicos.

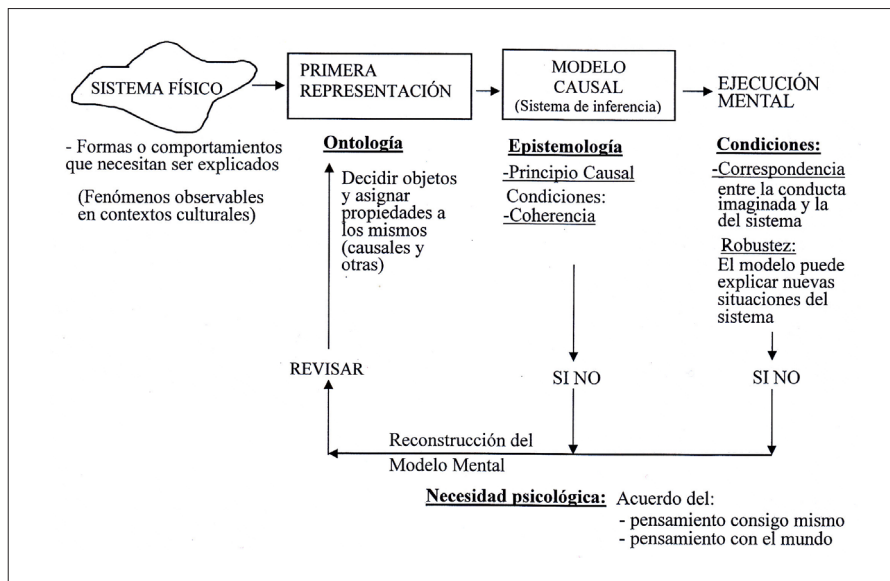


Fig. 1. Modelo ONEPSI. Ciclos de construcción y reconstrucción de Modelos Mentales (Cfr. Gutierrez, 2017)

UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE BASADA EN MODELOS

Basándose en los elementos explicitados en el Modelo ONEPSI, puede construirse una Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje (SEA) teóricamente fundamentada.

Exigencias estructurales

La estructura de la ASE consistiría en:

1. *Una serie de sistemas físicos*, intencionadamente *seleccionados y secuenciados*, de manera que pudieran vehicular los contenidos científicos deseados.
2. La *ontología* de estos sistemas (entidades y sus propiedades), deberían facilitar que los alumnos construyeran modelos causales que fueran *coherentes* con la ontología elegida (criterio de verdad, *epistemología*); si esto no fuera así, la ontología debería revisarse y se crearía un nuevo modelo causal. La ejecución mental de éste modelo debería ser *correspondiente* (se corresponde con el comportamiento del sistema que se está modelizando) y *robusto* (sirve para explicar la evolución del sistema físico que se está modelizando). Si no se cumplen estas condiciones, se volvería a revisar la ontología del MM construido (necesidad *psicológica*). Este ciclo se repetiría hasta alcanzar un MM que cumpla con las condiciones enunciadas. Este MM tendría las funciones *de explicar y predecir* los comportamientos actuales y futuros del sistema modelizado.
3. Otro elemento decisivo es que el alumno observe en el sistema *las interacciones* entre los elementos que lo constituyen, y los *fenómenos* que aparecen como consecuencias de las mismas. De estas observaciones dependerán las *reglas de inferencia* que el alumno explicita.
4. Las *reglas de inferencia* determinan la *generalización*, que permitirán al profesor *poner nombres o "etiquetas"* (introducir vocabulario científico), y que terminarán convirtiéndose, siguiendo los procesos de modelización, en conceptos o leyes científicas, en el nivel deseado.

Exigencias didácticas

La construcción y reconstrucción de MM, que llevará a la construcción de conocimiento científico (CC), requiere, en nuestra propuesta, unas *exigencias de dirección del proceso* que deberá ser conducido por el profesor, ya que el alumno por sí mismo no puede inventar las “etiquetas” conceptuales o legales que utilizan los científicos. En lo que sigue, nos limitamos a indicar las que consideramos más salientes. (Para una enumeración más completa, ver Aliberas (2012). Por ejemplo, el profesor debería:

1. Tener el *conocimiento científico del tema* de que trate la secuencia. Para alumnos de Secundaria, bastaría con que lo dominara a *nivel de los cursos introductorios de la especialidad correspondiente* en la Universidad.
2. Tener *conocimiento de las concepciones previas* que sobre el tema poseen los alumnos antes de recibir instrucción escolar explícita sobre el mismo.
3. Conocer los *componentes esenciales de un MM* y sus *funciones específicas* ya antes enunciadas; y conocer la *definición de MC desde la perspectiva ontológica* (Bunge, 1973). Los componentes y las funciones de éstos coinciden con los de los MM, excepto en que el “*modelo causal*” está sustituido por *reglas de inferencia legales* –cualitativas o cuantitativas–.
4. Poseer un *adiestramiento* en mantener *Conversaciones Didácticas* con los alumnos, *tanto individualmente como en grupo (pequeño o clase)*. Estas Conversaciones se harían con la técnica *teachback* (Pask, 1975) adaptada a situaciones didácticas (Gutierrez, 2003). Con esta técnica, el profesor conduce la construcción y reconstrucción de modelos, sin aportar datos a los alumnos. Sólo cuando el modelo esté construido, el profesor proporciona “nombres” científicos a los conocimientos que el modelo vehicula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de aplicar nuestra metodología al diseño de SEA se presenta parcialmente en la Tabla 1 (no presentamos toda la SEA por razones obvias de espacio). El contenido de la Tabla corresponde, también parcialmente, a la “*Guía del Profesor*”. En ella se muestra *la estructura de la secuencia* en la que *los resultados* de los modelos construidos, así como “los nombres científicos” (*los contenidos*) de los mismos, se van *acumulando y pasando de los modelos más simples (MM) a los más complejos (MC)*. Como se muestra en la Tabla 1, con modelos de sistemas muy simples, se pueden vehicular muchos contenidos científicos que el sujeto acepta con naturalidad, porque ya conoce el fenómeno a que responden. La habilidad del profesor es decisiva para la *socialización* de estos contenidos y para movilizar los componentes *motivacionales* y *emocionales* de los alumnos. En otra parte ya hemos explicado con detalle los resultados positivos encontrados al trabajar con este “estilo didáctico” (Aliberas y otros 2013).

Además de mostrar su utilidad en el diseño de SEAs (Aliberas, 2012; Aliberas y otros, 2013), el Modelo ONEPSI ha mostrado su eficacia para llegar a definir “*modelos escolares de arribo*” (el nivel de contenidos científicos a alcanzar) en diversas áreas y en diversos niveles escolares (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014).

Pensamos que con esta aportación dejamos una *línea abierta para el diseño de SEAs* basadas en modelos y fundamentadas en los modos naturales de construcción de contenidos por parte de los alumnos.

Tabla 1.
Presentación parcial y resumida de la “*Guía del profesor*”
para una SEA sobre Electrostática elemental(p.ej., no se incluyen las *propiedades* de las entidades)

<i>SISTEMA 1: ELECTRIZACIÓN</i>				
<i>Ontología</i> (entidades y propiedades)	<i>Interacciones en el sistema</i> (que se deben provocar)	<i>Fenómenos</i> (que se deben observar)	<i>Reglas de inferencia</i> (que el alumno debe deducir)	<i>Etiquetas conceptuales o legales</i> (que el profesor debe introducir)
Hoja de plástico Hoja de papel Trazos de papel pequeños Imán	Frota enérgicamente la hoja de plástico contra una hoja de papel	- La hoja de plástico atrae los papeles pequeños - Los imanes no atraen los papeles pequeños	- Si se frota una hoja de plástico con un papel, se electriza (se carga) - Si la hoja está cargada, atrae los papeles pequeños	- Electrización - Carga eléctrica - Fuerza eléctrica - Fuerza eléctrica distinta de la fuerza magnética
<i>SISTEMA 2: TIPOS DE ELECTRIZACIÓN</i>				
Hojas de plástico descargadas (tres) Hoja de papel	1.Frota enérgicamente una hoja de plástico contra otra hoja de plástico 2.Frota enérgicamente la otra hoja de plástico contra la hoja de papel	1. Las hojas de plástico se repelen 2. La hoja de plástico y de papel se atraen	- Si se frota una hoja de plástico cargada contra otra hoja de plástico cargada, se repelen - Si se frota una hoja de plástico contra una hoja de papel, se atraen	- Hay dos tipos de electrización - dos tipos de cargas. Para diferenciarlas, a unas las llamamos positivas y a las otras negativas - Cuerpos cargados con las mismas cargas, se repelen; con cargas distintas, se atraen
<i>SISTEMA 3: CÓMO SABER SI UN CUERPO ESTÁ CARGADO.</i>				
1.Hojas de plástico (sin cargar) Péndulo eléctrico 2.Hojas de plástico (cargadas)	1.Acercar el péndulo a la hoja de plástico descargada 2. Cargar la hoja de plástico presionándola fuertemente entre las hojas de un libro. Acercar el péndulo a la hoja de plástico. 3.Toca el péndulo a la hoja cargada	1. No hay interacción 2. Interacción entre el plástico y el péndulo 3. Se repelen	- Si la hoja de plástico no está cargada, el péndulo no experimenta ningún efecto. - Si se acerca el péndulo a la hoja de plástico cargada, se atraen - Si se tocan, el péndulo adquiere el mismo tipo de carga que la hoja de plástico y es repelido	- Péndulo eléctrico - Las cargas pueden pasar de un cuerpo a otro (El péndulo eléctrico como detector de “campos eléctricos”. Introducción elemental)
<i>SISTEMA 4: UN CIRCUITO PARA LAS CARGAS</i>				
Electroscopio casero Cable conductor Hojas de plástico cargadas	1.Pasa la hoja de plástico cargada por la parte superior del electroscopio. Sepárala. 2.Toca la parte superior del electroscopio con un extremo del cable conductor, mientras sujetas con la mano el otro extremo	1. Las puntas de la tira de papel metálico se separan formando un ángulo 2. Las hojas quedan paralelas	- Si tocamos con la hoja de plástico cargada la parte superior del electroscopio, las cargas pasan al papel metálico y éstas adquieren cargas del mismo signo - Al tocar con cable conductor la parte superior del electroscopio, las cargas se mueven a través del cable, pasan a la mano, y el electroscopio se descarga	Corriente eléctrica Circuito eléctrico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBERAS, J. (2012). *Aproximació als fonaments epistemològics i psicològics per al disseny i aplicació d'una seqüència de ciències a l'ESO*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.
- ALIBERAS, J., IZQUIERDO, M. y GUTIERREZ, R. (2013). Diseño de una secuencia didáctica sobre hidrostática, teóricamente fundamentada: el papel de la modelización y de la emoción. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, p. 84-90.
- BRAVO, B. y PESA, M. (2016). El cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias. Un estudio de los procesos involucrados al aprender sobre la luz y la visión. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 258-280.
- BUNGE, M. (1973). *Method, Model and Matter*. Reidel. Dordrecht. Holland.
- CHEN, X. (2011). Why do people misunderstand climate change? Heuristics, mental models and ontological assumptions. *Climatic Change*, 108 (1-2), 31-46.
- CHEONG, Y. W. (2016). An Analysis of the Ontological Causal Relation in Physics and Its Educational Implications. *Sci & Educ*, 25:611–628.
- DUSCHL, R., MAENG, S. and SEZEN, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47 (2), 123–182.
- GUTIERREZ, R. (2003). Conversation Theory and self-learning. En: Psillos, D. y otros (eds), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherland, p 43-49.
- (2014). Lo que los profesores de Ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los Modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7 (13), 37-66.
- (2017). Construcción del conocimiento espontáneo y del conocimiento científico I: ¿Existe alguna conexión? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. (Pendiente de publicación).
- LÓPEZ-MOTA, A. y MORENO-ARCURI, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación. *Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7 (13), 37-66.
- NERSESSIAN, N. J. (2008). *Creating Scientific Concepts*. The MIT Press. Cambridge. Ma.
- OH, P. S. and OH, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *I. J. of Science Education*, 33 (8) 1109–1130.
- PASK, G. (1975). *Conversation, Cognition and Learning*. Elsevier. Amsterdam. Holland.
- POCOVÍ, M. C. (2016) Cambio conceptual ontológico: el uso de textos como herramienta para lograrlo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28 (2), 27-37.
- SMITH, C. L. y WISER, M. (2015). On the Importance of Epistemology–Disciplinary Core Concept Interactions in LPs. *Science Education*, 99 (3), 417-423
- WOOLGAR, S. y LEZAUN, J. (2013). The wrong bin bag: A turn to ontology in science and technology studies? *Social Studies of Science*, 43 (3), 321-340.